ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ.
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ.
КАФЕДРА №3.

хорошо

ОТЧЁТ
ЗАЩИЩЁН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

к.ф.м.н 26.05.17 Новикова Ю.А.

ОТЧЁТ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №10.
Определение скорости звука в воздухе.

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ
СТУДЕНТ ГРУППЫ 1641 19.05.17. Морозова Е.А.

Санкт-Петербург
2017.

I. Цель работы: определение скорости распространения звуковых волн в воздухе.

II. Описание лабораторной работы:

Электрические колебания звуковой частоты, полученные при помощи генератора 1, подаются одновременно на пластины x осциллографа 2 и на телефон 5. Звук от телефона распространяется вдоль полой трубы 3 и достигает микрофона 4. В электрической цепи микрофона возникает электрический сигнал на той же частоте, что и на выходе генератора, но с некоторой задержкой по фазе. Этот сигнал подается на пластины y осциллографа. На экране появляется эллипс, форма которого зависит кроме всего прочего от разности фаз колебаний, подаваемых на разные пластины осциллографа. При изменении расстояния, которое можно измерить линейкой 6, между телефоном и микрофоном изменяется разность фаз колебаний, а следовательно, и форма эллипса.

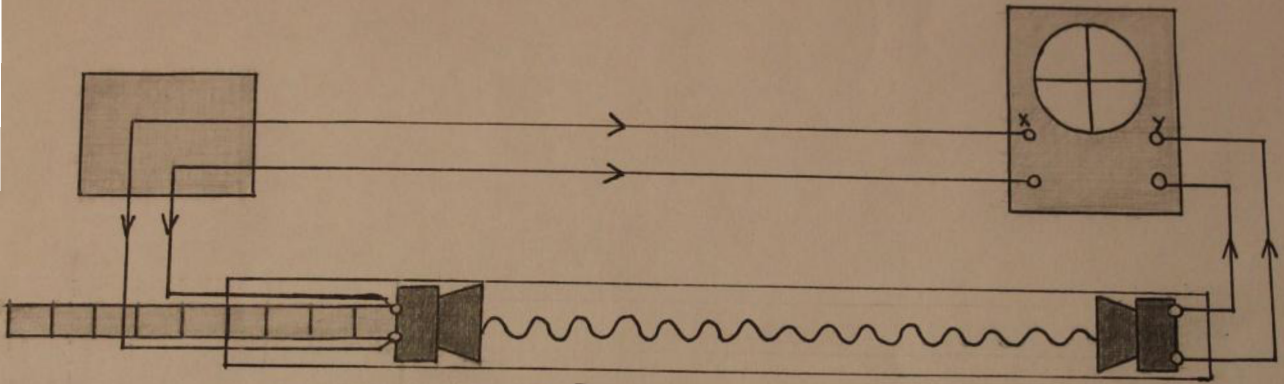


Рис 2.1. Блок-схема лабораторной установки.

III. Рабочие формулы:

1. Скорость звука в воздухе: $v = \lambda \nu$ (3.1)
2. Формула для теор. расчёта скорости звука в воздухе: $v = \sqrt{\frac{7}{5}\frac{RT}{M}}$ (3.2)
   T – абс. темпер.
   R – ун. газ. пост.
   M – мол. масса возд.
3. Абсолютная минимальная температура: $T = t + 273{,}15$ (K) (3.3)
4. $\Delta l = \frac{1}{2} u$ (3.4)
5. $u = \frac{\Delta \varphi}{\pi}$ (3.5)

IV. Результаты измерений и вычислений:

Табл. 1. Сх. А.

Длины / Частоты	l_1	l_2	l_3	l_4
900 Гц	19 (см)	38,5 (см)	58 (см)	77,5 (см)
1000 Гц	15 (см)	33 (см)	50 (см)	67,5 (см)
1200 Гц	13 (см)	28 (см)	42 (см)	71 (см)

$t = 21\,°C$

$T = 294{,}15$ (K)

Сх.В

ТАБЛ. 2

Частота	Δl средняя	v теоретич.	λ среднее	vср.
900 Гц	48,25 (см)	343 (м/с)	0,965 (м)	351 (м/с)
1000 Гц	41,375 (см)	343 (м/с)	0,827 (м)	351 (м/с)
1200 Гц	38,5 (см)	343 (м/с)	0,770 (м)	463,2 (м/с)

V. Примеры вычислений:

5.1. Для таблицы 2 сх. В по формуле 3.2: $v = \sqrt{\frac{7}{5}\frac{RT}{M}} = \sqrt{\frac{7}{5}\frac{8{,}314 \cdot 294{,}15}{0{,}0291}} = \sqrt{\frac{17118{,}94}{0{,}1455}} = 343$ (м/с)

5.2. Для таблицы 2 сх. В по формуле $\Delta l_{ср} = \frac{19 + 38{,}5 + 58 + 77{,}5}{4} = 48{,}25$ (см)

5.3. Для таблицы 2 сх. В. по формуле $\lambda_{ср} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4}{4}$; $\lambda = \frac{2\Delta l}{\Pi} = \frac{2\Delta l \Pi}{\Delta\varphi}$; $\Delta\varphi = \Pi \cdot \lambda = 2\Delta l$.

5.4. Для таблицы 2 сх. В. по формуле $v_{ср} = \lambda \cdot \nu = 2\,tg\,\alpha \cdot \nu = 39 \cdot 900 = 35100$ (см/с) $= 351$ (м/с)

VI. Вычисление погрешностей:

$\Theta v = (v'_\lambda)\Theta\lambda + |v_\nu|\Theta\nu$ $\qquad \Theta\lambda = 4 \cdot 10^{-3}$ (м)

$v'_\lambda = (\lambda\nu)'_\nu = \nu$ $\qquad \Theta\nu = 5$ Гц

$v'_\nu = (\lambda\nu)'_\nu = \lambda$

$\Theta v = \nu\Theta\lambda + \lambda\Theta\nu$

6.1: $\Theta v_1 = 900 \cdot 0{,}004 + 0{,}965 \cdot 5 = 3{,}6 + 4{,}825 = 8{,}425$ (м/с)

$\Theta v_2 = 1000 \cdot 0{,}004 + 0{,}827 \cdot 5 = 4 + 4{,}135 = 8{,}135$ (м/с)

$\Theta v_3 = 1200 \cdot 0{,}004 + 0{,}770 \cdot 5 = 4{,}8 + 3{,}85 = 8{,}65$ (м/с)

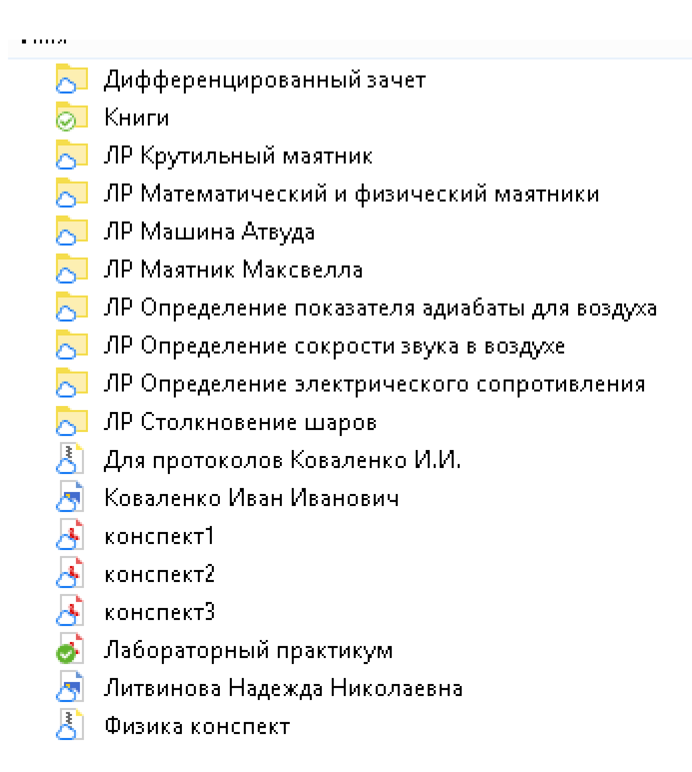
VII. Вывод:

Проделав данную лабораторную работу, я научилась экспериментально определять скорость звуковых волн в воздухе.

Провела расчёт средней скорости звуковых волн в воздухе: при частоте 900 Гц она равна 865,5 (м/с) при длине звуковой волны 0,965 (м); при частоте 1000 Гц она равна 825,5 (м/с) при длине звуковой волны 0,827 (м); при частоте 1200 Гц она равна 924 (м/с) при длине звуковой волны 0,770 (м).

Провела теоретический расчёт скорости звука в воздухе, она равна 343 (м/с)

Данная работа доказывает, что скорость звука не зависит от частоты.



СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/RqO8HPxTfh0z_w
СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050



vk.com/club152685050
vk.com/id446425943

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ

Цель работы: определение скорости распространения звуковых волн в воздухе.

Теоретические сведения

Звуковые волны представляют собой процесс распространения механических колебаний с частотами в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц. Скорость звука υ связана с длиной волны λ и частотой колебаний ν соотношением:

$$\upsilon = \lambda\nu. \qquad (10.1)$$

Скорость звука в воздухе можно теоретически рассчитать по формуле

$$\upsilon = \sqrt{\frac{7}{5}\cdot\frac{RT}{M}}, \qquad (10.2)$$

в которой T – абсолютная температура; M = 0,0291 кг/моль – молярная масса воздуха; R = 8,314 Дж/К·моль – универсальная газовая постоянная.

Уравнение волны, распространяющейся вдоль оси (ox), имеет вид

$$\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx). \qquad (10.3)$$

В этой формуле ξ – смещение точки среды из положения равновесия, находящегося на расстоянии x от источника; ω – циклическая частота колебаний; $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число. Фаза колебаний

$$\varphi = \omega t - kx = \frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} \qquad (10.4)$$

зависит от времени и от положения точки. Разность фаз колебаний двух соседних точек зависит только от расстояния Δx между ними

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda}. \qquad (10.5)$$

Таким образом, длину звуковой волны можно найти, измерив на опыте величины Δx и $\Delta\varphi$. Разность фаз колебаний можно определить методом сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний.

Точка, совершающая одновременно два колебания во взаимно перпендикулярных направлениях, движется по замкнутым траекториям, называемым *фигурами Лиссажу*. В случае равенства частот эти фигуры представляют собой эллипсы, форма и ориентация которых зависит от амплитуд и от разности фаз складываемых колебаний.

Рассмотрим два гармонических колебания одинаковой частоты, одно из которых происходит вдоль оси (ox), а другое – вдоль (oy). Для простоты начальную фазу первого колебания положим равной нулю:

$$\begin{aligned} x &= A_1 \cos(\omega t), \\ y &= A_2 \cos(\omega t + \Delta\varphi). \end{aligned} \tag{10.6}$$

Уравнение траектории точки, одновременно участвующей в этих двух колебаниях, найдем, исключив время t из уравнений (10.6):

$$\begin{cases} x/A_1 = \cos\omega t, \\ y/A_2 = \cos\omega t \cos\Delta\varphi - \sin\omega t \sin\Delta\varphi; \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad y/A_2 = (x/A_1)\cos\Delta\varphi - \sin\Delta\varphi\sqrt{1-(x/A_1)^2}; \quad \Rightarrow$$

$$(x/A_1)^2 + (y/A_2)^2 - \frac{2xy\cos\Delta\varphi}{A_1 A_2} = \sin^2\Delta\varphi. \tag{10.7}$$

Получилось уравнение наклонного эллипса, ориентация и полуоси которого зависят от амплитуд A_1, A_2 и от разности фаз $\Delta\varphi$ (рис. 10.1, *а*). Если $\Delta\varphi = 2\pi k$, где k – целое число, получим уравнение отрезка прямой, проходящего через 1-й и 3-й квадранты (рис. 10.1, *б*):

$$y = (A_2/A_1)x. \tag{10.8}$$

Если $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$, где k – целое число, получим уравнение отрезка прямой, проходящего через 2-й и 4-й квадранты (рис. 10.1, *в*):

$$y = -(A_2/A_1)x. \tag{10.9}$$

Если $\Delta\varphi = (k+0{,}5)\pi$, где k – целое число, получим уравнение эллипса, ориентированного вдоль координатных осей (рис. 10.1, *г*):

$$\left(\frac{x}{A_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{A_2}\right)^2 = 1. \tag{10.10}$$

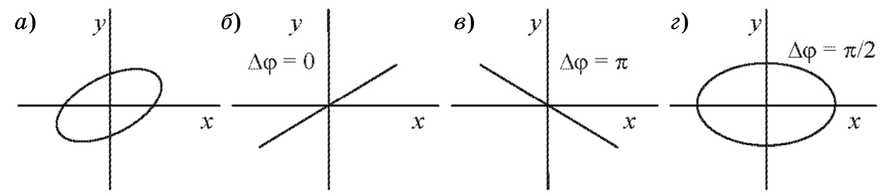


Рис. 10.1. Различные траектории движения точки

Таким образом, по форме наблюдаемого эллипса можно определить разность фаз колебаний $\Delta\varphi$. В дальнейшем особый интерес будут представлять случаи *б* и *в*, когда эллипс вырождается в отрезок. Эти случаи удобно наблюдать экспериментально. Существенно, что изменение фазы от одного из них к другому составляет $\Delta\varphi = \pi$.

В настоящей работе звуковой сигнал с телефона попадает на микрофон, находящийся на расстоянии ℓ от него. Сигналы с телефона и с микрофона подаются на отклоняющие пластины x и y электронного осциллографа соответственно. Расстояние ℓ можно изменять и измерять во время эксперимента; вместе с ним, согласно формуле (10.5), меняется и разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний телефона и микрофона. Поскольку по картинке на экране осциллографа можно зафиксировать лишь разности фаз $\Delta\varphi$ кратные π, при которых эллипс вырождается в отрезок, величина $n = \Delta\varphi/\pi$ на опыте должна принимать только целые значения. Она увеличивается на единицу всякий раз, когда при увеличении расстояния ℓ на экране эллипс превращается отрезок.

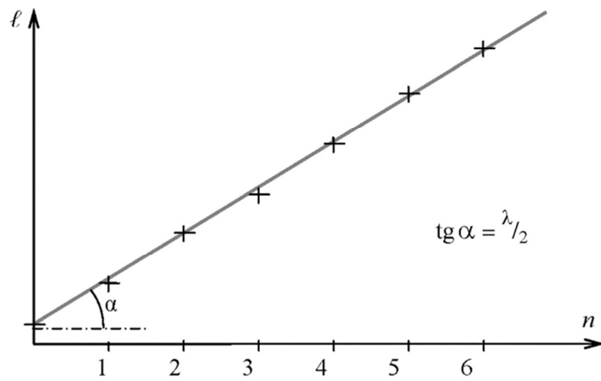


Рис. 10.2. Экспериментальная зависимость ℓ от n

С учетом сказанного формулу (10.5) можно переписать в виде

$$\Delta\ell = \frac{n\lambda}{2}. \quad (10.11)$$

Зависимость $\ell(n)$ наблюдаемая в опыте (рис.10.2), должна представлять собой прямую линию, по угловому коэффициенту ($k = \mathrm{tg}\alpha$) которой можно найти длину волны λ:

$$\lambda = 2\mathrm{tg}\alpha. \quad (10.12)$$

Подставив полученное таким способом значение длины волны λ и установленную на звуковом генераторе частоту колебаний в формулу (10.1), можно найти скорость звуковых волн.

Лабораторная установка

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 10.3.

Электрические колебания звуковой частоты, полученные при помощи генератора 1, подаются одновременно на пластины x осциллографа 2 и на телефон 5. Звук от телефона распространяется вдоль полой трубы 3 и достигает микрофона 4. В электрической цепи микрофона возникает электрический сигнал на той же частоте, что и на выходе генератора, но с некоторой задержкой по фазе. Этот сигнал подается на пластины y осциллографа. На экране появляется эллипс, форма которого зависит кроме всего прочего от разности фаз колебаний, подаваемых на разные пластины осциллографа. При изменении расстояния, которое можно измерить линейкой 6, между телефоном и микрофоном изменяется разность фаз колебаний, а следовательно, и форма эллипса.

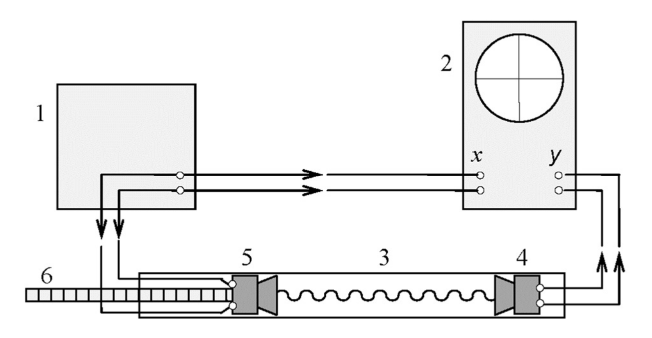


Рис. 10.3. Блок-схема лабораторной установки

Задания и порядок их выполнения

Задание 1. Экспериментальное определение скорости звуковых волн в воздухе.

До начала измерений нужно на 2–5 мин включить для прогрева осциллограф и звуковой генератор.

Задание выполняется в следующем порядке.

Установить заданную частоту колебаний.

Пользуясь ручками настройки осциллографа и изменяя величину выходного напряжения, добиться на экране осциллографа четкого, устойчивого эллипса.

Перемещая телефон по трубе, добиться появления на экране прямой линии. Отметить это положение на шкале как ℓ_1.

Медленно перемещая телефон в ту же сторону, снова получить на экране прямую линию, но уже наклоненную в другую сторону, т. е. проходящую через другие квадранты. Отметить соответствующее положение телефона как ℓ_2.

Повторить предыдущий пункт столько раз, сколько это возможно и получить набор положений телефона ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3, ..., в которых эллипс вырождается в отрезок прямой. Получить еще один такой же набор данных, перемещая телефон в обратном направлении, и усреднить результаты.

Построить график зависимости положения телефона ℓ_n, от порядкового номера n, как это показано на рис.10.2.

Систематическую погрешность расстояния принять равной $\theta_\ell = 2$ мм. Систематическую погрешность θ_n, связанную с неточностью определения точки вырождения эллипса, не учитывать; $\theta_n = 0$.[1]

Графически найти длину звуковой волны λ и ее систематическую погрешность.

По формуле (10.1) найти скорость звуковых волн.

Повторить измерения для звукового сигнала другой частоты.

Задание 2. Теоретический расчет скорости звуковых волн в воздухе.

Вычисления нужно проводить по формуле (10.2), значения констант, необходимые для расчета, указаны в комментариях к формуле. Для определения температуры воздуха t °С нужно вос-

---

[1] В случае, когда эллипс не полностью вырождается в отрезок, следует считать $\theta_n = 0{,}1$.

пользоваться термометром. Абсолютную температуру T можно найти по формуле:

$$T(\text{К}) = t\ ^\circ\text{C} + 273{,}15\text{К}. \qquad (10.13)$$

Контрольные вопросы

1. Что называется звуковой волной?
2. Чем отличаются волновые процессы от колебательных?
3. Что такое длина волны и чему она равна?
4. Запишите уравнение бегущей волны и поясните смысл всех величин, в нее входящих.
5. От чего зависит фаза волны? Чему равна разность фаз колебаний двух точек?
6. Получите уравнения траектории точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных колебаниях одинаковой частоты?
7. В каких случаях траектория вырождается в отрезок?
8. Как определяется длина звуковой волны в данной работе?
9. Как зависит скорость звука от температуры воздуха?